



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

ULB

Wechselbeziehungen zwischen Druckfarbe und Papier

Wagenbauer, Kurt
(1963)

DOI (TUpriints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014180>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Article

Division: 16 Department of Mechanical Engineering

16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14180>

WECHSELBEZIEHUNGEN ZWISCHEN DRUCKFARBE UND PAPIER

MUTUAL RELATIONS BETWEEN INK AND PAPER

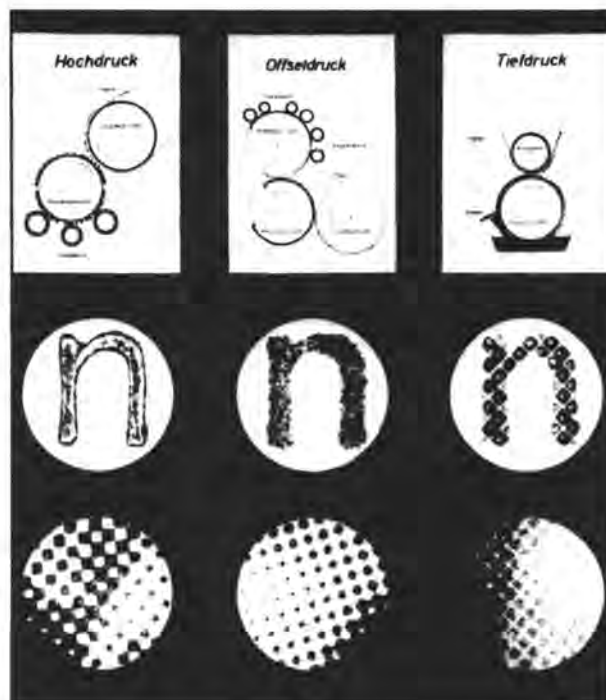
*Bericht aus dem Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren
der Technischen Hochschule Darmstadt*

VON DR.-ING. KURT WAGENBAUER, DARMSTADT

Die moderne Drucktechnik wendet verschiedene Verfahren an, um den Bedruckstoff auf wirtschaftliche Weise mit den gewünschten Kontrastschichten zu versehen. Diese Differenzierung erfolgt mit Hilfe von Druckfarben. Für den Druckprozeß sind die Wechselwirkungen zwischen Druckfarbe und Papier von besonderer Bedeutung. Da sie von verfahrens- und maschinenbedingten Faktoren beeinflußt werden, möchte ich auf diese Zusammenhänge im Rahmen meines Themas besonders eingehen. [1] [2] [3] [4]

Zunächst einige allgemeine Bemerkungen zu den drei Hauptdruckverfahren. In bezug auf das Druckprinzip ist, wie aus Bild 1 hervorgeht, die Charakterisierung einfach.

Bild 1 Hauptdruckverfahren



Das *Hochdruckverfahren* ist dadurch gekennzeichnet, daß nur auf die erhöhten Bereiche der Druckform eine gleichmäßige Farbschicht übertragen wird. Im Gegensatz zu dieser geometrischen Differenzierung kommen beim *Offsetdruck* physikalisch-chemische Prinzipien zur Anwendung. Die annähernd in einer Ebene liegenden farbannehmenden und farbfrei bleibenden Stellen des Druckbildes auf der Offsetplatte müssen in bezug auf die Druckfarbe ein gegensätzliches Verhalten aufweisen. Dieses Verhalten wird durch eine bereichsweise unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheit der Form und durch die farbabstoßenden Eigenschaften des Feuchtwassers erreicht. Der Druckvorgang muß daher durch das Feuchten der Offsetplatte eingeleitet werden. Während des anschließenden Einfärbens erhalten dann nur die druckenden Elemente der Druckform eine gleichmäßig dicke Farbschicht. Beim *Tiefdruckverfahren* werden während des Druckvorganges die Vertiefungen der Form mit Farbe ausgefüllt. Diese Zellen — bei höheren Qualitätsansprüchen sind es 4900 Näpfchen pro cm^2 — können von etwa 2 bis 50 μ tief sein.

Im Tiefdruck wird zur Zerlegung der echten Halbtöne der fotografischen Vorlage in die drucktechnisch reproduzierbaren unechten Halbtöne der Tonwert von der Schichtdicke der Farbe gesteuert. Im Hoch- und Offsetdruck werden dagegen die verschiedenen Helligkeitswerte des Druckbildes durch Anordnungen von verschiedenen großen Rasterpunkten wiedergegeben.

Hinsichtlich der Druckqualität unterliegen die verschiedenen Druckverfahren dem nivellierenden Einfluß des technischen Fortschritts. Verfahrensbedingte Besonderheiten verlieren daher in zunehmendem Maße an Gewicht. Zum Aufzählen von Qualitätsfaktoren möchte ich mich daher sehr beschränken. Im klassischen Hochdruckverfahren hergestellte Drucke besitzen die größte Randschärfe, das ist besonders bei der Wiedergabe von Schrift sehr vorteilhaft. Demgegenüber weisen im Offsetdruck die Details eine gleichmäßigere Farbdeckung auf, und das Tiefdruckverfahren ermöglicht Halbtonwiedergaben mit den kontinuierlichsten Übergängen.

Aus verfahrensbedingten Gründen muß die Druckfarbe für den Illustrationshochdruck und Offsetdruck von zähflüssiger, für den Tiefdruck jedoch von leichtflüssiger Beschaffenheit sein.

Der Behandlung von Vorgängen bei der Farbübertragung sollen noch einige Ausführungen über den Aufbau und die Eigenschaften von Druckfarben vorausgeschickt werden.

Druckfarben setzen sich aus dem färbenden Bestandteil und der Trägersubstanz zusammen. In der Trägersubstanz unlösliche färbende Anteile heißen Pigmente. Aufgabe der Trägersubstanz ist es, die Farbe in eine verdruckbare Form zu bringen und nach erfolgtem Druck an das Papier zu binden. Daher nennt man die Trägersubstanz auch Bindemittel.

Pigmentierte Druckfarben sollen eine sehr gleichmäßige Struktur von $\sim 1 \mu$ großen Teilchen aufweisen und enthalten je nach Verwendungszweck 10 bis 50 % feste Bestandteile (Pigment + Substrat).

Wie aus Bild 2 zu entnehmen ist, wird die Beschaffenheit des Bindemittels weitgehend vom Farbübertragungssystem bestimmt.

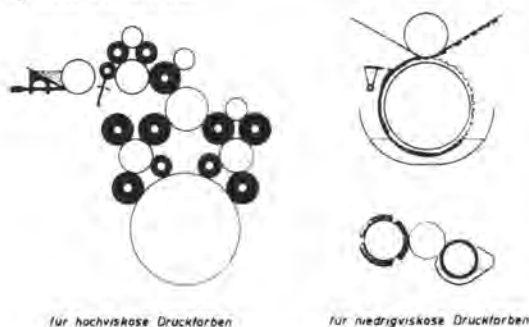


Bild 2 Farbübertragungssysteme

Bindemittel zähflüssiger, also hochviskoser Druckfarben setzen sich im allgemeinen aus Firnis, das ist eingedicktes Leinöl, Mineralöl und filmbildenden Harzen zusammen. Aus diesen Bestandteilen entsteht nach dem gemeinsamen Erhitzen ein Gemisch von zähflüssiger Beschaffenheit. Hinzu kommen noch Trockenstoffe und evtl. Wachse.

Bei niedrigviskosen Farben besteht das Bindemittel im wesentlichen aus einer Lösung von Harzen oder Zellosederivaten. Als Lösungsmittel kommen Aromate, Benzine, Alkohole und Ester in Frage.

Das Trocknen der Farbe auf dem Papier ist eine verwickelte Erscheinung. Man unterscheidet hierbei das Abbinden und Aushärten. Eine Farbe, die nicht mehr abschmiert, hat abgeunden. Die Verhältnisse beim Druckvorgang erfordern eine sehr kurze in der Größenordnung von Sekunden liegende Abbindezeit. Das anschließende Aushärten der trocknenden Farbschicht dauert dagegen beträchtlich länger.

Im wesentlichen kommen die folgenden Trocknungsprinzipien getrennt oder kombiniert zur Anwendung.

1. Trocknung durch Absorption (Wegschlagen)

Das Wegschlagen von Bindemittelbestandteilen veranschaulicht Bild 3.

Beim Übertragen der Farbe werden vom Papier unter der Wirkung von Druck- und Kapillarkräften Bindemittelbestandteile absorbiert. Der sich nach einiger Zeit einstellende Gleichgewichtszustand ist abhängig von den Porensystemen des Papiers und der pigmentierten Farbschicht [5]. Durch das Wegschlagen von Bindemittelbestandteilen wird das Verfestigen der Farbe eingeleitet.

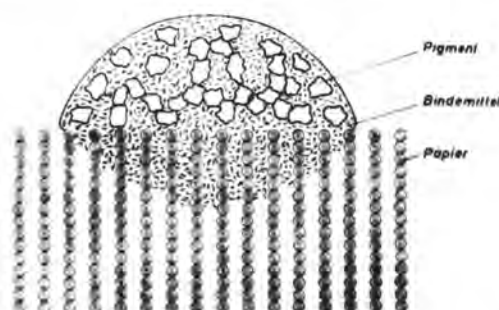


Bild 3 Wegschlagen von Farbbestandteilen

2. Trocknung durch Oxydation und Polymerisation

Der Mechanismus der oxydativen Polymerisation ist kompliziert und noch nicht ganz geklärt. In groben Zügen kann gesagt werden, daß die Anlagerung von Luftsauerstoff eine fortschreitende Vernetzung der Bindemittelmoleküle bewirkt (s. a. Bild 4).

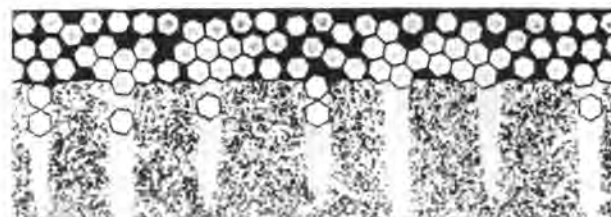


Bild 4 Schematische Darstellung der Farbtrocknung durch Oxydation und Polymerisation [6]

Dadurch wird die Farbschicht allmählich aus dem zähflüssigen in den festen Zustand überführt. Als Trocknungsbeschleuniger werden Metallsalze von Kobalt, Mangan und Blei verwendet. In öllöslicher Form begünstigt der Zusatz von einigen Prozenten Trockenstoff die Sauerstoffaufnahme und verkürzt dadurch die zur Härtung der Farbschicht notwendige Zeit wesentlich.

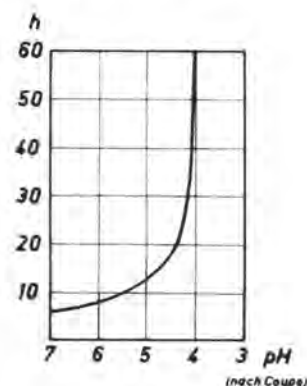
Pigmente und Papierfasern können Trockenstoff adsorbieren und daher trocknungsverzögernd wirken. Im sauren Milieu reagieren Trockenstoffe unter Bildung von unlöslichen Metallsalzen und werden inaktiviert. Im Offsetdruck können daher Papiere mit niedrigem Oberflächen- p_H -Wert Trocknungsschwierigkeiten verursachen. Die gleichen Auswirkungen werden vom in die Farbe emulgierten sauren Feuchtwasser hervorgerufen. Als Beispiel für diese Verhältnisse kann das Bild 5 dienen. [7]

3. Verdunstungstrocknung

Bei verschiedenen Farbtypen (z. B. bei Tiefdruckfarben) bestimmt die Lösungsmittelverdunstung im wesentlichen den Trocknungsverlauf. Die Verdunstungsgeschwindigkeit ist vor allem abhängig vom Siedepunkt der Lösungsmittel, von den Temperatur- und Konzentrationsverhältnissen in der Trockenanlage sowie von besonderen physikalisch-chemischen Wechselwirkungen. Hierbei sind auch die unterschiedlichen Eigenschaften der Harze und Pigmente sowie die Pigmentkonzentration von Einfluß.

Trockenzeit bei Offsetpapieren

Bild 5 Beeinflussung des Trocknungsverlaufs vom p_H -Wert des Papiers



Während des Druckprozesses sind die Farben in allen Phasen des Farbübertragungsvorganges hohen Anforderungen ausgesetzt. Sie müssen sich im Farbwerk gut verteilen und spalten, damit die Druckform einwandfrei eingefärbt wird und auch bei hohen Druckgeschwindigkeiten eine ausreichende Farbmenge erhält. Das Papier darf durch die während der Farbspaltung auftretenden Kräfte nicht unzulässig beansprucht werden. Die Reaktionen der beanspruchten Farbe sind abhängig von den Eigenschaften des Bindemittels und Pigments sowie von den Wechselwirkungen dieses Komponenten. Die »Bindemittelviskosität«, der »Zug oder Tack« (das ist der Widerstand der Farbe gegen die Filmspaltung) und der durch die »Länge« der Farbe gekennzeichnete Verformungsgrad bei der Trennung der Farbschicht, werden von der Form, Größe, Benetzbarkeit und Konzentration des dispergierten Pigments sowie von der Art und Beständigkeit von Agglomeraten und Raumstrukturen beeinflusst.

Aus dem Studium des Fließverhaltens können grundlegende Erkenntnisse über das Verhalten der Farben beim Druckprozeß abgeleitet werden. Die niedrigviskosen Tiefdruck- und Flexodruckfarben weisen annähernd das unkomplizierte Verhalten Newtonscher Flüssigkeiten auf. Bei den zähflüssigen Hochdruckfarben und bei den Offsetfarben verliert das Newtonsche Reibungsgesetz seine Gültigkeit, und es ist zweckmäßig, zum Studium von Fließerscheinungen Fließkurven aufzunehmen. Hierfür eignen sich am besten Rotationsviskosimeter. In Bild 6 sind Fließformen dargestellt, die bei Druckfarben vorkommen.

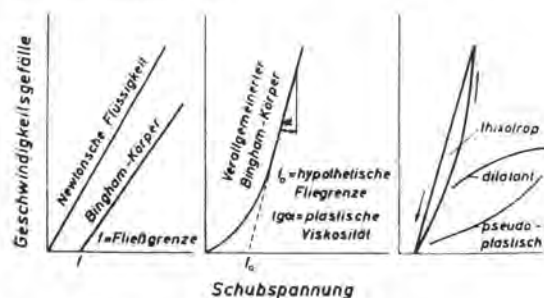


Bild 6 Fließformen von Druckfarben

Niedrigviskose Farben besitzen eine lineare, durch den Schnittpunkt der Koordinatenachse gehende Fließkurve. Die Viskosität, also das Verhältnis: $\text{Schubspannung} / \text{Geschwindigkeitsgefälle}$ ist in diesem Fall eine Stoffkonstante. Hochviskose Druckfarben haben ein kompliziertes Fließverhalten, ihre Fließkurven weisen infolge des Vorhandenseins von Partikelstrukturen und starken Wechselwirkungskräften im allgemeinen eine Fließgrenze, einen gekrümmten Kurvenverlauf und Thixotropie auf. Als Maß für die Thixotropie einer Farbe kann die vom Kurvenzug eingeschlossene Fläche herangezogen werden. Diese Eigenschaft rührt von der strukturzerstörenden Wirkung äußerer Kräfte und von der Fähigkeit zur Neubildung der Struktur im Ruhezustand her. Fließgrenze, Thixotropie und Grenzflächenspannung sowie die viskositätserhöhende Bindemittelabsorp-

tion bewirken das Fixieren der Druckfarbe nach der Farbübertragung auf dem Papier und leiten ihre Verfestigung ein.

Eine wesentliche Grundlage für die vielschichtigen Farbübertragungsprobleme sind Erkenntnisse über das Spaltungsverhalten von Druckfarben. Zettlemoyer und Mitarbeiter [8] haben die Vorgänge bei der Filmspaltung untersucht und wie folgt charakterisiert.

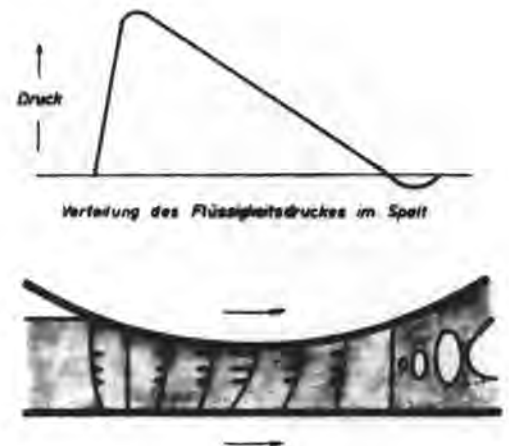


Bild 7 Druckverteilung und Geschwindigkeitsprofile im Walzenspalt einer Druckmaschine

Wie Bild 7 zu entnehmen ist, erfährt der Druckfarbenfilm beim Eintritt in den Spalt einen plötzlichen Druckanstieg, nach Erreichen des Maximums den allmählichen Abfall auf Atmosphärendruck und schließlich Zugbeanspruchungen auf der Austrittsseite, die Kavitationsercheinungen auslösen. Das Spalten der Farbschicht ist also begleitet von Kavitation und Blasenexpansion sowie von der Verlängerung und Trennung der sich bildenden Farbfäden. Die Farbspaltung findet in der Ebene statt, die den geringsten Flüssigkeitsquerschnitt aufweist. Das Pigment wirkt als Kavitationskatalysator. Die Zahl der sich bildenden Blasen wird von der Schichtdicke beeinflusst und ist geschwindigkeits- und druckabhängig. Der wichtigste auf die Blasenexpansion Einfluß nehmende Faktor ist die Oberflächenspannung.

Die Farbschicht eines kleinen Bildelementes wird, wie Sie aus Bild 8 entnehmen können, während des Trennvorgangs zu einem sich einschnürenden Faden ausgezogen.

Diese Aufnahme stammt aus eigenen Untersuchungen und zeigt in Phasenbildern die schnellverlaufende Farbspaltung zwischen nichtsaugenden Flächen, welche in einer Versuchsanordnung hochgeschwindigkeitskinematographisch erfaßt wurde.

Die bei Druckfarben zu erwartenden Beanspruchungsreaktionen können an einem mechanischen Modell studiert werden (siehe Bild 9).

Zur Charakterisierung viskoser Beanspruchungsreaktionen dient ein Dämpfungssystem, die elastischen Deformationen übernimmt ein Federelement. Bei einer langsam erfolgenden Belastung mit einer Kraft, die größer



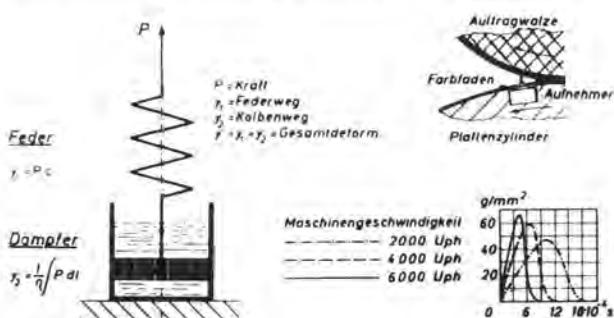
Bild 8 Farbspaltungsuntersuchungen. Apparatur und charakteristisches Ergebnis

als der die Fließgrenze der Farbe kennzeichnende Reibungswiderstand zwischen Kolben und Zylinder ist, wird sich der Kolben in der Flüssigkeit bewegen. Im Gegensatz zu dieser vorwiegend viskosen Deformation wird bei sehr rasch ablaufenden Bewegungsvorgängen die Beanspruchungsreaktion hauptsächlich durch die elastische Federverformung gekennzeichnet sein, da die »viskose Kolbenbewegung« eine ausgeprägte Zeitabhängigkeit aufweist.

Der Farbspaltungsvorgang kann nach Voet [2] bei hohen Maschinengeschwindigkeiten als viskoelastischer Vorgang angesehen werden. Darauf weist auch die Zunahme des Farbzuges bei steigender Druckgeschwindigkeit hin. Rechts im Bild 9 sind diesbezügliche Ergebnisse von Messungen, die an einer Offset-Bogenrotationsmaschine durchgeführt wurden, dargestellt [4]. Auf die Größenordnung der Zeitdauer der Ausziehbewegung möchte ich besonders hinweisen.

Im Rahmen dieser Untersuchungen ist auch gefunden worden, daß das Farbübertragungsverhalten unmittelbar durch die interferenzmikroskopische Erfassung von Druckfarbschichten auf nichtsaugenden Oberflächen beurteilt werden kann. In Bild 10 sind Interferenzaufnahmen von auf einer Allerplatte unter verschiedenen Bedingungen erfolgten Rasterpunkteinfärbungen zusammengestellt.

Bild 9 Beanspruchungsreaktionen von Druckfarben



Diese Farbschichten haben also interferenzmikroskopisch ein Höhenrelief erhalten. Die Höhendifferenz zweier benachbarter Interferenzlinien beträgt hier $0,27 \mu$. In der oberen Reihe ist eine Farbe mit relativ gutem Fließ- und Spaltungsverhalten wiedergegeben, erkenntlich an der glatten kugeligen Form der Farboberfläche und der vertretbaren Abhängigkeit der übertragenen Farbmenge von der Druckgeschwindigkeit. Die in der mittleren Reihe wiedergegebene Farbe verhält sich wesentlich ungünstiger. Als Hauptursache hierfür dürften Teilchenagglomerationen anzusehen sein.

In der untersten Reihe ist eine Farbe mit an sich gutem Fließ- und Spaltungsverhalten wiedergegeben, die wie folgt getestet wurde: Bei konstanter Druckgeschwindigkeit sind die Einfärbeverhältnisse auf einem bestimmten Rasterpunkt zu verschiedenen Zeitpunkten interferenzmikroskopisch ermittelt worden. Wie Sie sehen, wird während des Fortdruckes das Farbübertragungsverhalten schlechter. Als Ursachen kommen Wasser- und Papierstaubaufnahme in Frage, welche als grobdisperse Bestandteile die Farbübertragung ungünstig beeinflussen.

Wie Sie wissen, kommt es während des Druckprozesses vor, daß beim Trennvorgang nicht die Farbschicht, sondern das Papier gespalten wird. Dieses von den Zugkräften der Farbe verursachte Aufreißen der Papieroberfläche bezeichnet man als »Rupfen«. Aus dem beanspruchten Papier können kleine unzusammenhängende Bestandteile, in extremen Fällen aber auch ausgedehnte Schichten herausgerissen werden. Merkliches Rupfen beeinflusst das Druckbild nachteilig und darf daher nicht auftreten.

Der Rupfvorgang ist eine sehr komplexe Erscheinung. Die Ergebnisse der üblichen Prüfverfahren können daher nur mit gewissen Einschränkungen auf die Druckpraxis übertragen werden.

Als eine wesentliche Beurteilungsgrundlage für die Verhältnisse bei der Farbtrennung ist die Art des Ablöses des bedruckten Papiers von der Farbschicht anzusehen. Allgemein kann gesagt werden, daß sich das Papier nicht unmittelbar nach dem Verlassen der Druckzone, sondern erst zu einem späteren Zeitpunkt von der eingefärbten Druckform ablöst. Es ist besonders das Verdienst von *Borchers* und *Bruno* [9] sowie von *Reed* [10], diese Erscheinung herausgestellt zu haben und näher darauf eingegangen zu sein.

Dieses Bewegungsverhalten ist an einem nach dem Offsetverfahren arbeitenden Bedruckbarkeitssystem mit Hilfe der Fastax-Kamera und einer anderen hochgeschwindigkeitskinematographischen Einrichtung studiert worden. Durch die so erhaltenen Ergebnisse wurde experimentell bestätigt, daß das bedruckte Papier nach dem Verlassen der Druckzone zunächst noch am Gummizylinder haftet und gefunden, daß das Ablösen des Papiers im Verlauf der Zylinderdrehung vom Druckbeginn an, zunehmend später erfolgt. Diese Untersuchungen bestätigen auch, daß sich verschiedene Papiersorten sehr spezifisch verhalten. Als Einflußfaktoren kommen die Unterschiede in der Saugfähigkeit, dem Dehnungsverhalten, der Biegesteifigkeit [11] und der Glätte in

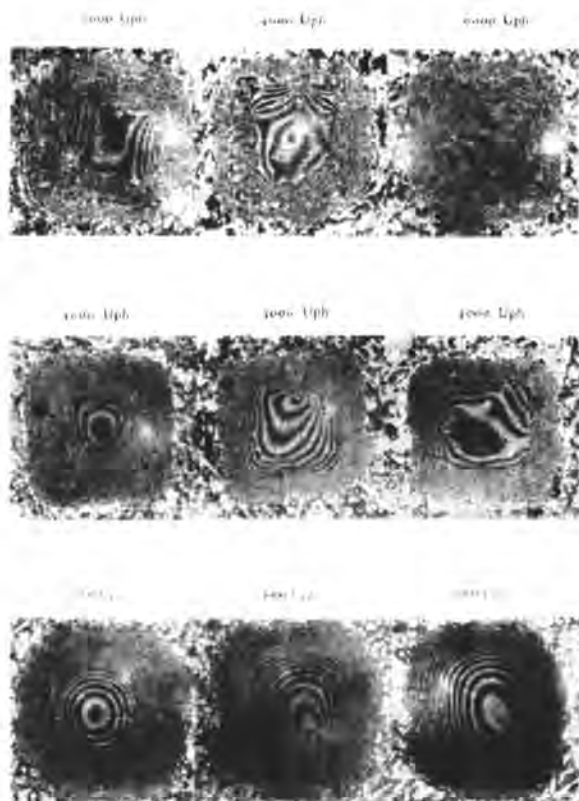


Bild 10 Interferenzmikroskopische Untersuchungen von Druckfarbschichten (Rasterpunktdurchmesser ca. 0,1mm)

Frage. In Bild 11 sehen Sie das voneinander abweichende Ablösen des gleichzeitig in der Versuchseinrichtung bedruckten Natur- und Kunstdruckpapiers. Hierbei trennt sich das Naturpapier früher vom Gummiband als das Kunstdruckpapier.

Da in diesem Zusammenhang neben dem Bewegungsverhalten des Papiers nach Verlassen der Druckzone auch die an der Einspannstelle auftretenden Kraftwirkungen interessierten, wurde auf dem Film phasengetreu zum



Bild 11 Ablösen verschiedenartiger Druckpapiere vom Gummizylinder während des Druckprozesses

Bewegungsvorgang das Oszillogramm des Zugkraftverlaufs eingespiegelt. In Bild 12 sehen Sie die hierfür verwendete Untersuchungseinrichtung, bestehend aus dem mit der Offsetmaschine gekoppelten Bedruckbarkeitsystem, einer steuerbaren Funkenlichtquelle, einer mit zwei Objektiven versehenen Trommelkamera und einem auf dem Druckzylinder angebrachten piezoelektrischen Kraftaufnehmer mit Meßzubehör.

Eine mit dieser Anordnung erhaltene Filmaufnahme ist in Bild 13 zusammengestellt.

Neben den allgemein bekannten Faktoren, welche die Kraftwirkungen der Farbe beim Trennvorgang beeinflussen, wie z. B. Druckgeschwindigkeit, Ausgangsviskosität, Farbangebot usw., verdeutlichen die Zeitlupenaufnahmen, daß die Zeit des Kontaktes zwischen Druckfarbe und Papier auch bei konstanten Maschinenbedingungen eine variable Größe ist. Da nicht nur die Druckkraft, sondern auch die Kontaktzeit das Wegschlagen von Bindemittelbestandteilen beeinflußt, kann sich durch Viskositätssteigerung in der freien Farbschicht die Rupftendenz vergrößern. In Bild 14 sind diese Verhältnisse skizziert [12].

Des weiteren sind die auf das Rupfen Einfluß nehmenden Beanspruchungsreaktionen der Farbe von der beim Spaltungsvorgang auftretenden Trennbeschleunigung abhängig.

Rupp und Rieche [3] ziehen zur vergleichenden Bewertung von Rupfgeschwindigkeiten die sich aus den Spaltformen verschiedener Maschinensysteme ergebende Trennbeschleunigung heran. Es ist jedoch, wie in Bild 15 anschaulich dargestellt, darauf hinzuweisen, daß die Spaltform wesentlich vom sich beim Trennvorgang ablösenden Papier mitbestimmt wird.

Ergänzend wäre noch zu bemerken, daß die zuletzt behandelten Untersuchungen über das Verhalten des Papiers beim Druckprozeß noch nicht abgeschlossen sind. An dieser Stelle möchte ich aber schon Herrn Professor Eschenbach und allen anderen, die in irgendeiner Form zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, danken.

Wesentliche allgemeine und spezielle Literaturhinweise:

- [1] Kollecker, E. und Matuschke, W. (Hrsg.): Der moderne Druck. Hammerich & Lesser-Verlag, Hamburg.
- [2] Voet, A.: Ink and Paper in the Printing Process. Interscience Publishers Inc., New York, London (1952).
- [3] Rupp, E. und Rieche, K.: Beiträge zur Bedruckbarkeit von Papier und Folien. Institut für Grafische Technik, Leipzig (1959).
- [4] Wagenbauer, K.: Beiträge zum Druckprozeß bei Offset-Bogenrotationsmaschinen. Archiv für Druck und Papier 5 (1959) Nr. 3 (dort ausführliches Literaturverzeichnis).
- [5] Tollenaar, D.: Liquid Penetration in Coated Paper. International Bulletin (1956) Nr. 73, S. 76—80.
- [6] Farbe unter dem Mikroskop, Heft 3 (1954), S. 9. Chr. Hostmann-Steinberg'sche Farbenfabriken, Celle.
- [7] Coupe, R. R.: The Influence of Paper on the Oxidation Drying of Lithographic Inks. International Bulletin (1956) Nr. 73, S. 54—60.
- [8] Zettlemoyer, A. C., Scarr, R. F. u. Schaeffer, W. D.: Influence of Ink Properties on Transfer during Printing. International Bulletin (1958) Nr. 80, S. 94.
- [9] Borchers, Ch. H. and Bruno, H. H.: Studies of Ink Transfer in Lithography. International Bulletin (1958) Nr. 80, S. 96—102.
- [10] Reed, R. F.: Problems of Paper Curl. The Litho-Printer 97, Nr. 1, S. 25—27 (s. a. Z. »Allgemeine Papier-Rundschau« Nr. 23 (1958), S. 1184/1185).
- [11] Brecht, W. und Müller, F.: Über die Steifigkeitsprüfung von Papieren, Kartons und Pappen. Z. »Das Papier«, 14. Jg. (1960), Heft 7, S. 270 bis 277 u. Heft 9, S. 414—422.
- [12] Reed, R. F.: What the Lithographer should know about Paper. Lithographic Technical Foundation, Inc., New York, Technical Bulletin Nr. 8 (1959), S. 86.

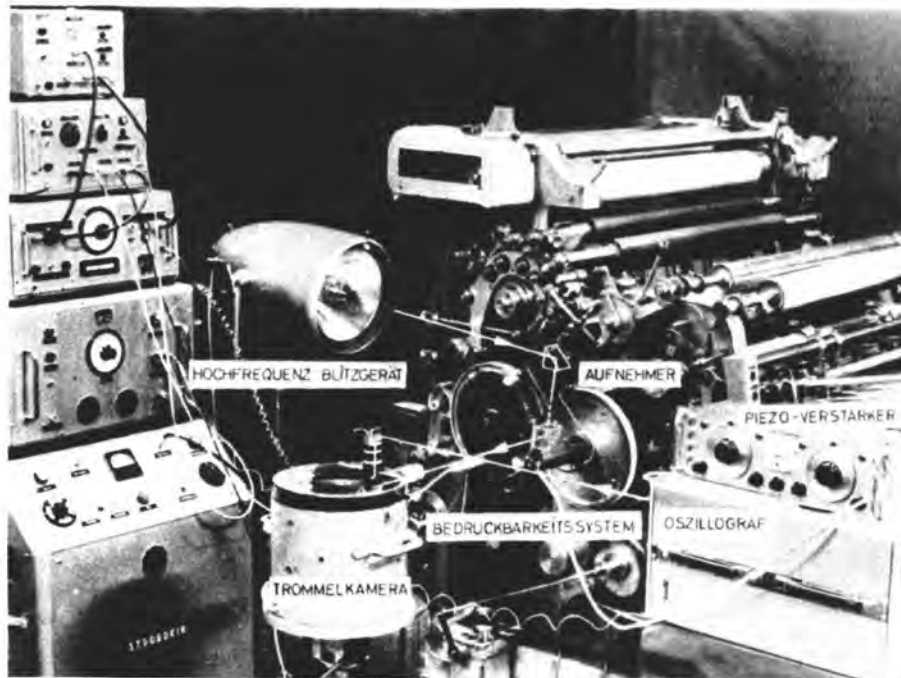


Bild 12 Untersuchungseinrichtung

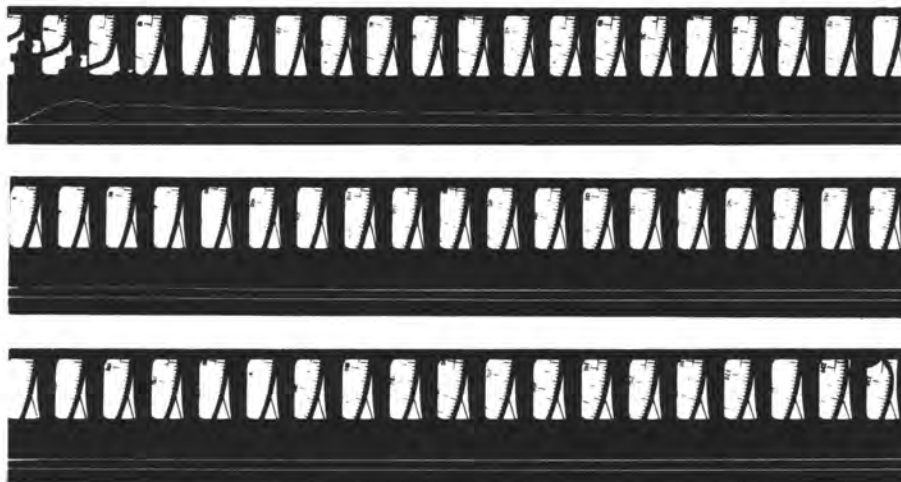


Bild 13 Erfassung vom Bewegungs- und Beanspruchungsverhalten des Papiers beim Druckprozeß. (In dieser verkleinerten Darstellung wurde das Papier durch Nachzeichnen deutlicher wiedergegeben)

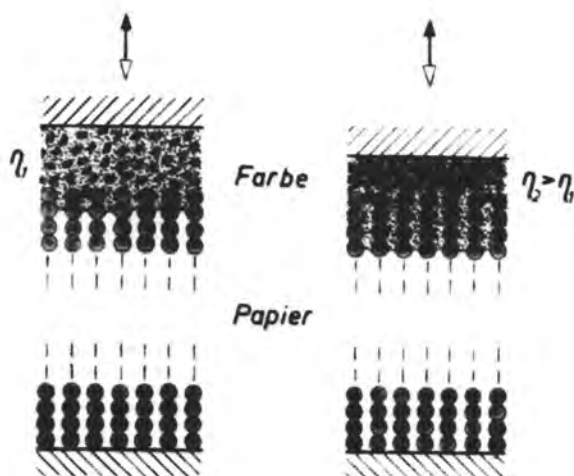
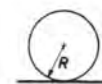


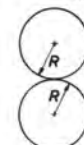
Bild 14 Durch Wegschlagen bedingte Viskositätssteigerung in der freien Farbschicht

Flachformmaschine

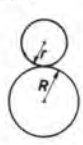


$$b = \frac{1}{R} \cdot v^2$$

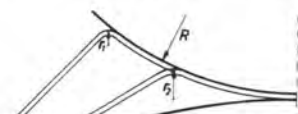
Rotationsmaschine



$$b = \frac{2}{R} \cdot v^2$$



$$b = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right) \cdot v^2$$



v = Umfangsgeschwindigkeit b = Trennbeschleunigung R, r = Radien

Bild 15 Beeinflussung der Trennbeschleunigung von den geometrischen Verhältnissen des Systems